doi:10.13866/j.azr.2019.03.09

近 57 a 玛纳斯河流域土地利用/覆被变化①

阿依努·吐逊[1]， 张青青[1]， 徐海量[2]， 赵新风[2]， 张 鹏[2]
(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830054;
2. 中国科学院新疆生态与地理研究,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要:利用 1958 年航片和 1976 年、1987 年、1998 年、2006 年和 2015 年 5 期遥感影像解译数据,运用 ArcGIS 软件提取矢量化数据,对玛纳斯河流域近 57 a 的土地利用/覆被变化进行分析。结果表明:① 玛纳斯河流域土地利用/覆被在 1958—2015 年发生了普遍变化,耕地、未利用地和建筑用地的面积不断增加,占流域总面积的比例分别为 15.27%、4.6% 和 1.53%;而草地、林地和水域不断减少,减少面积占流域总面积的比例分别为 13.5%、5.3% 和 2.55%。② 土地利用动态变化分析表明,玛纳斯河流域近 57 a 变化速度最快的是建筑用地,年变化率占流域总面积的 12.37%;其次是耕地,年变化率占流域总面积的 6.01%;此外,未利用地、林地、草地和水域的年变化率分别为 0.21%、-0.99%、-0.54% 和 -1.39%。③ 土地利用变化改变了该流域的景观格局,导致景观结构破碎化。1958—2015 年耕地、草地和未利用地的斑块数增加最多,分别增加了 8.50×10^5 个、6.54×10^5 个和 2.68×10^5 个;而平均斑块面积(MPS)却在不断减小,分别减小 1.83 km^2、26.11 km^2 和 20.26 km^2,其中耕地和草地破碎化增加。玛纳斯河流域土地利用/覆被变化的分析对于深入揭示流域土地利用变化的内部机制,促进流域水土资源的合理开发和维持地区生态安全具有重要的意义。

关键词:土地利用/覆被变化;动态变化;斑块类型;景观破碎化;玛纳斯河流域

土地利用/覆被变化(land use and landcover change,LUCC)是陆地生态系统变化的主要表现[1],不仅客观记录了人类改变地球表面特征的空间格局,而且还再现了地球表层景观的时空变化过程[2]。土地利用/覆被变化的本质是人类根据自身的生存和发展,改变土地的用途和景观格局,从而实现人类经济社会的发展。土地利用是人类根据一定的经济和社会目的进行的土地开发利用活动。土地覆被是由于自然变化和人工建造活动而形成的覆被状况[3]。目前,国内外对于土地利用的研究主要涉及土地利用变化的时空过程[4-5]、影响因素[6-7]、生态环境效应[8-9]以及模型模拟[10-11]等,并且取得了较丰富的成果;其中,对玛纳斯河流域的研究也是个热点:玛纳斯河流域位于亚洲中部干旱地区,由于地貌高海拔的条件,流域有丰富的降水和积雪,成为天山宝贵的水资源,支持当地农业[12]。利用遥感解译分析土地利用这一方法,李义玲等[13]研究了玛纳斯河流域 1976—2005 年土地利用变化的分形特征,凌红波等[14]分析了该流域 1987—2006 年的变化,梁二敏等[15]分析了该区 2000—2010 年的变化,但以上研究只采用了 3 期遥感影像,且研究时段更新不够,而本文利用了 6 期遥感影像,且更新至 2015 年,数据详实可靠。此外,景观格局分析方法被越来越多的应用到土地利用/覆被变化的研究中[16-17],本文通过计算斑块指数、类型指数和景观指数来反映玛纳斯河流域土地利用/覆被变化的景观结构特征、空间格局以及时间演变特征。

绿洲荒漠生态系统是决定干旱区生态系统结构与功能的关键组分[18]。玛纳斯河流域作为新疆天山北坡经济带发展的重要区域,同时也是生态较为脆弱的部分。随着经济、人口的增加,区域用地面积扩张,人工绿洲不断向沙漠边缘延伸,导致土地利用格局发生了很大的变化。过度的开发会带来很多负面的生态效应[19]。因此,有必要对玛纳斯河流域土地利用/覆被变化进行研究,分析土地利用变化过程,探讨变化的驱动力因素。本文基于 3S 技术对近 57 a 玛纳斯河流域土地利用/覆被变化进行分析,探讨土地利用/覆被的动态变化

① **收稿日期**:2018-08-10; **修订日期**:2018-11-09
基金项目:国家自然科学基金项目(41561103)资助
作者简介:阿依努·吐逊(1993-),女,硕士研究生,研究方向为草地生态学. E-mail:1824019549@qq.com
通讯作者:张青青. E-mail:greener2010@sina.com

和景观破碎化,对于深入揭示流域土地利用变化的内部机制,促进流域水土资源的合理开发,以期更加客观全面地评价区域的生态环境质量,为流域水土资源合理配置和生态环境综合治理提供决策参考。

1 研究区概况

玛纳斯河流域位于天山北麓中段(图1),准噶尔盆地西南部,总面积 3.09×10^4 km^2,地理位置 43°05′~46°04′N、84°56′~86°42′E,地处亚欧大陆腹地[20]。玛纳斯河发源于天山依连哈比尔尕山区,是流域内最大的河流,向北经红山嘴流入绿洲平原,穿过古尔班通古特沙漠最后注入玛纳斯湖。该区年平均降水量 100~200 mm,时空分布不均。该区年平均蒸发量 1 500~2 100 mm,年平均气温 4.7~5.7 ℃,属于典型的温带大陆性干旱气候[21]。玛纳斯河流域是天山北坡经济带的重要组成部分,流域行政上属于玛纳斯县、沙湾县、石河子市和第八师的各个团场。

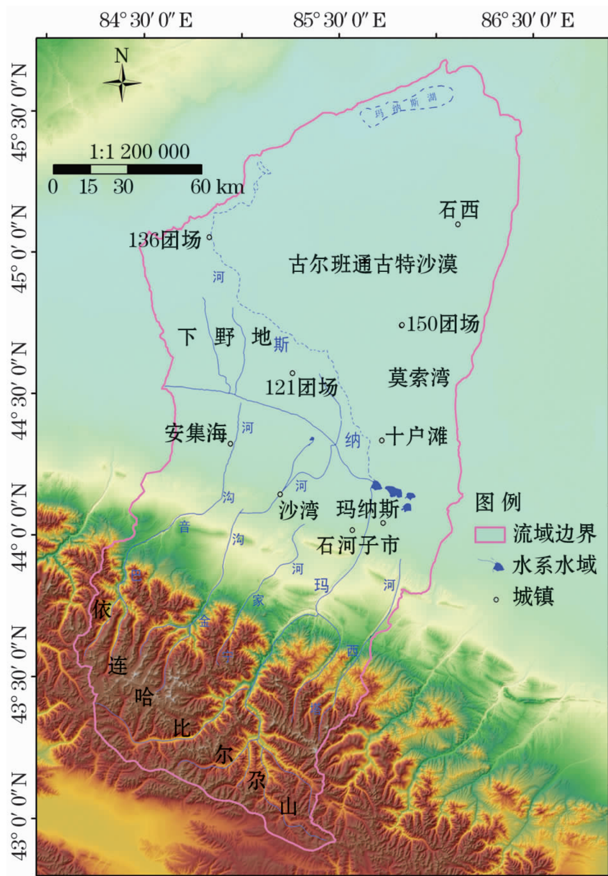


图1 玛纳斯河流域示意图

Fig. 1 Sketch map of the Manas River Basin

2 研究方法

2.1 数据及处理

数据有1958年航片、1976年的MSS影像、1987年和1998年的美国陆地卫星TM影像、2006年的CBERS影像、以及2015年Landsat 8 OLI遥感影像解译数据。对于1976年的MSS影像采取421波段假彩色合成,1987年、1998年、2006年和2015年的影像采用543波段假彩色合成,以2000年的TM影像为参考影响,辅以1:100 000地形图,利用ArcGIS 10.1平台,采用多项式转换方程进行几何校正,在不超过0.5个像元的情况下,采用双线形内插法对图像进行重采样,遥感目视解译,进行实地遥感影像校验以及生成6期土地利用图形数据,用相应的属性数据来进行玛纳斯河流域土地利用类型专题地图的制作。在综合考虑遥感影像数据光谱信息和纹理特征的基础上,结合干旱区特点,依据中国土地资源分类系统的二级分类体系[22]来进行合并处理,将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建筑用地和未利用地。

2.2 土地利用动态变化过程分析

土地利用/覆被类型的划分是进行土地利用/覆被变化研究的首要步骤[23]。单一土地利用动态度表示一定时间内某一土地利用类型的变化速度,综合土地利用动态度表示一定时间内整个研究区的土地利用变化速度。本文选择单一土地利用动态度计算土地利用类型的相对变化速度,用公式表示为:

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

式中:K 为研究时间范围内某一地类的动态度;U_a 和 U_b 分别表示研究期初及研究期末某一地类的面积;T 表示研究周期,T 设为年;K 值代表年变化率[24]。

2.3 景观格局分析的指标

景观格局特征分析的关键在于合理确定绿洲景观斑块的分类体系[25]。以景观几何特征为基础的景观格局分析可以有效地反映LUCC的空间格局,景观指数能够反映研究区的整体变化情况,特别是景观的破碎化程度和多样性的变化[26-27]。根据研究区特点利用(ArcGIS 10.1)和Excel来计算相关景观格局指数,包括斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块面积(MPS)、最大斑块指数(LPI)和景观形状指数(LSI)等5个主要的景观度量指标来表征

景观格局变化,具体计算方法见李明阳[28]。

3 结果与分析

3.1 土地利用/覆盖的总体变化特征

从图 2 可以看出,玛纳斯河流域土地利用/覆盖类型中草地和未利用土地占比最大,两者之和达到 70% 以上。其中,1958 年、1976 年和 1998 年,草地分别占流域总面积的 44.31%、41.46% 和 42.26%。未利用土地所占比例在 1987 年、2006 年和 2015 年最大,占流域总面积的 44%、42.42% 和 42.90%。1958—2015 年,未利用土地面积呈波动变化,草地面积除 1987—1998 年增加 15% 外,1958—1987 年和 1998—2015 年草地面积均在不断减少,分别减少了 17% 和 27%。耕地面积从 1958—2015 年在逐渐增大,从 1958 年的 1 492.58 km^2(占流域总面积的 4%)增加到 2015 年的 6 609.3 km^2(占流域总面积的 20%)。林地、水域和建筑用地的面积最小,三者占流域总面积不到 15%;其中,水域在以上 5 个时段不超过 1.04%、建筑用地不超过 1.75%。

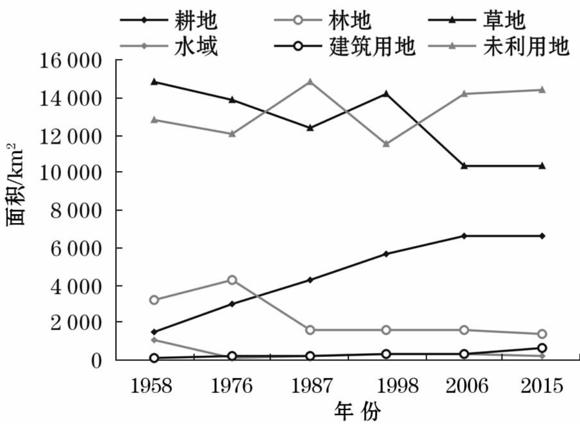


图 2 1958—2015 年不同土地利用/覆被类型的面积变化

Fig. 2 Change of the areas of different land use/cover types from 1958 to 2015

3.2 各土地利用类型的面积动态度

根据公式可计算出研究区内 5 个时段 6 种土地利用类型的动态度(表 1),总体而言,研究区 57 a 间变化速度最大的是建筑用地,年变化率占流域总面积的 12.37%;其次是耕地,年变化率占流域总面积的 6.01%;此外,林地、草地、水域和未利用地的年变化率占流域总面积的 −0.99%、−0.54%、−1.39% 和 0.21%。

玛纳斯河流域在不同时段的不同土地利用类型具有不同的变化速度(表 1),耕地、林地、水域和建筑用地变化较明显,其中建筑用地和耕地在 1958—1976 年变化最快,年变化率为 8.82% 和 5.12%;林地 1976—1987 年变化最快,年变化率为 −5.25%;水域在 1987—1998 年间变化最快,年变化率为 4.27%;草地和未利用地在 1998—2006 年变化最快,变化速率分别为 −2.96% 和 2.53%;2006—2015 年耕地、草地和未利用地变化最慢,年均变化率为 0.07%、−0.07% 和 0.11%。

3.3 景观格局变化

3.3.1 斑块数量、密度和斑块平均面积 玛纳斯河流域不同时期斑块类型的景观指数如图 3 所示,斑块数(NP)是某一景观类型的斑块总数,其大小与景观的破碎度有很好的正相关性[24]。从图 3a 来看,1958 年斑块数最多的景观类型依次为未利用地、林地和草地。1976 年斑块数最多的景观类型依次为未利用地、草地和林地。1987 年斑块数最多的景观类型依次为草地、林地和未利用地。1998 年和 2006 年斑块数最多的景观类型依次为未利用地、林

表 1 1958—2015 年玛纳斯河流域土地利用/覆被动态度计算结果

Tab. 1 Calculated results of land use/cover change in the Manas River Basin from 1958 to 2015

年份	面积变化/km^2					年均变化速率/%				
	1958 − 1976	1976 − 1987	1987 − 1998	1998 − 2006	2006 − 2015	1958 − 1976	1976 − 1987	1987 − 1998	1998 − 2006	2006 − 2015
耕地	1 451.79	1 358.54	1 326.69	935.44	44.27	5.12	3.85	2.57	1.85	0.07
林地	1 074.91	−2 677.62	19.91	41.24	−249.9	1.78	−5.25	0.11	0.29	−1.53
草地	−957.24	−1 545.65	1 816.3	−3 771.24	−69.06	−0.34	−0.93	1.23	−2.96	−0.07
水域	−937.19	31.81	90.81	78.77	−119.91	−4.56	1.82	4.27	3.26	−3.46
建筑用地	122.04	48.92	28.83	79.85	234.18	8.82	2.09	0.99	3.25	6.64
未利用地	−753.98	2 784.07	−3 283.18	2 636.00	160.41	−0.31	1.92	−1.84	2.53	0.11

注:面积变化表示各年间变化的土地类型面积。

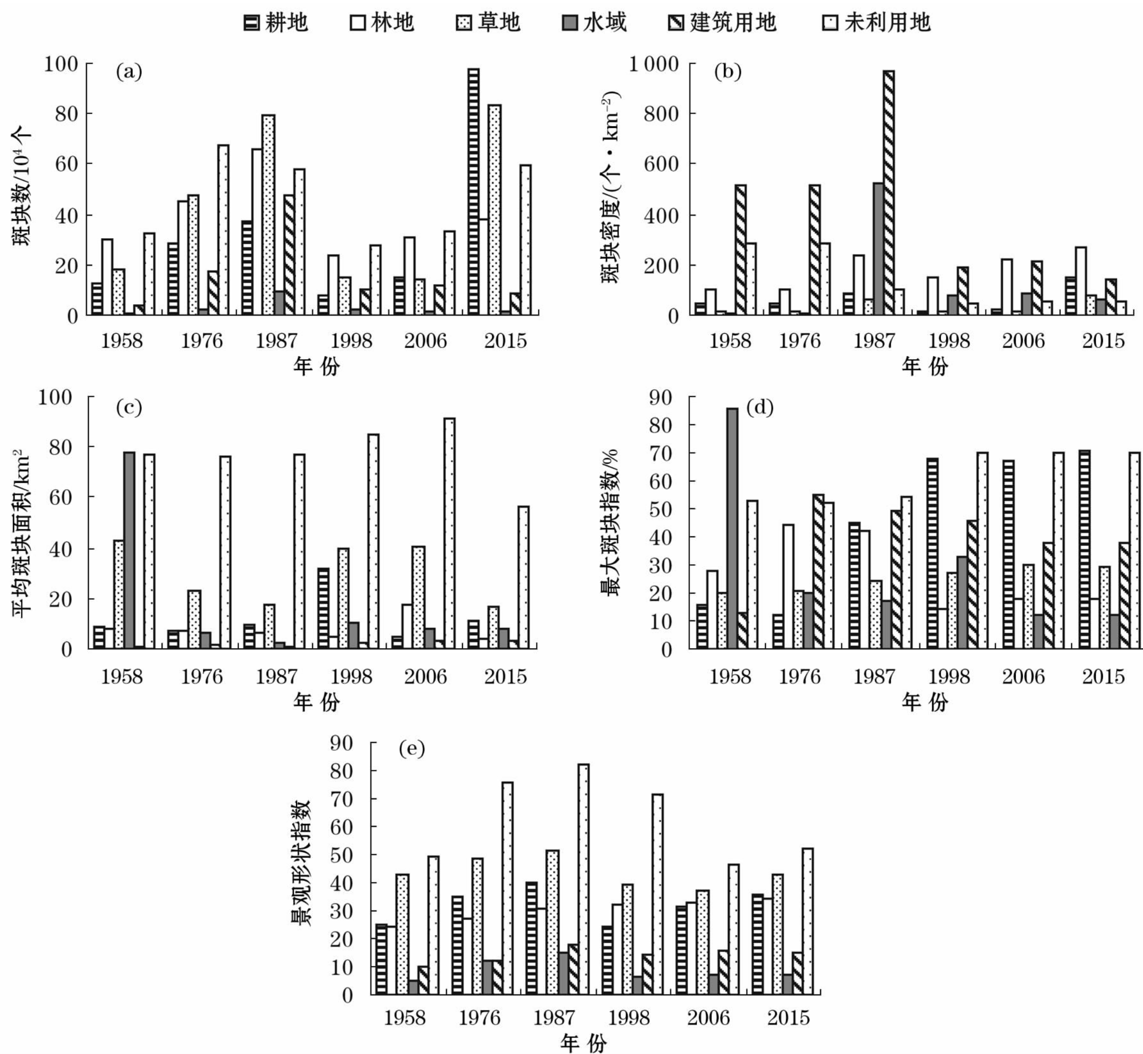


图 3　不同时期斑块类型的景观指数

Fig. 3　Landscape indexes of patch types in different periods

地和耕地。2015 年斑块数最多的景观类型依次为耕地、草地和未利用地。从图 3b 来看，耕地、林地、草地和水域斑块密度指数呈上升趋势，表明单位面积的斑块数量增多，破碎度也增加；而建筑用地和未利用地总体斑块密度指数呈下降趋势，破碎度减少。从图 3c 来看，在一定程度上揭示了景观的破碎化程度。林地、草地、水域和未利用地的平均斑块面积不同程度减少，耕地和建筑用地的 MPS 增加。其中未利用地所占的 MPS 最大，表明人类对这种土地利用类型干扰程度大，导致破碎程度高。

3.3.2　最大斑块指数和景观形状指数　最大斑块指数(LPI)反映了各景观类型最大面积斑块占景观总面积的比例，是优势度的一种度量方式[24]。从图 3d 可以看出，耕地、草地、建筑用地及未利用地的 LPI 呈增长的趋势，说明这 4 类景观在研究区内呈现连接成片的状态，而林地及水域的 LPI 均呈现减小的趋势，可知这 2 类景观在研究区内从连接成片的状态到空间上被分割，面积逐渐缩小。景观形状指数(LSI)(图 3e)呈增加的趋势，表明了景观形状趋于复杂。

由此可见，由于人类活动的影响，近 57 a 玛纳斯河流域的景观格局发生了较大变化，尤其是斑块数量的增多以及景观的破碎化。其中，耕地和建筑用地分布趋于集中，景观优势度增强，且斑块之间的联系不断增强。林地和水域面积减少，景观破碎化，景观优势度降低，但形状并未因景观破碎而变得复杂，反而愈加简单规则，与其他景观类型的连通强。

4　讨 论

(1) 玛纳斯河流域土地利用变化的主要驱动因素为人口增长，20 世纪 50 年代，新疆生产建设兵团

进行了大规模水土开发,尤其是地下水埋藏浅、交通便利的玛纳斯河流域冲洪积平原区大量未利用地被开垦为农田[13],导致耕地和建筑用地迅速增加,分别增加了 5 116.72 km^2 和 513.83 km^2;土地利用程度不断提高,自然绿洲被大规模人工绿洲所取代,同时造成林地和草地大面积减少。此种土地利用/覆被变化对研究区产生显著影响,其带来的生态环境效应可能具有一定负面性[19]。因此,改变目前农户单独经营土地模式,发展大规模集约化农业,维持耕地面积稳定并提高质量,降低土地利用变化引起景观格局动态的负面影响是实现流域土地资源可持续利用的关键。

(2) 水资源是影响干旱区土地利用类型和空间分布格局的决定因素,受水资源的限制,不可能将所有可开发的土地利用都发展成为人工绿洲。大量研究表明该流域发展的这一特征,水资源过度开采与单方产出值不高,土地利用景观破碎化加剧等一系列不可持续的发展方式愈演愈烈[29-30]。此外,玛纳斯河流域的景观格局和土地覆被的最显著变化是 1987 年和 2015 年,耕地、林地和草地的斑块数目最多,反而平均斑块面积总体减少;统计显示耕地、林地、草地和水域斑块密度指数呈上升趋势,建筑用地和未利用地总体斑块密度指数呈下降趋势。可见,人类活动和自然因素综合作用下,玛纳斯河流域景观格局发生了较大变化。斑块数量增加、斑块平均面积减少均说明该流域的耕地、草地等连续的景观类型被建筑用地等人工设施替代,从而导致耕地斑块连片、景观形状趋于复杂且不规则,景观破碎化程度增强。因此,耕地和建筑用地增加是导致玛纳斯河流域景观破碎化增加的主要因素。

5 结 论

(1) 1958—2015 年玛纳斯河流域土地利用/覆盖类型产生了巨大变化。总的来说,耕地、建筑用地面积呈现不断的上升趋势,分别增加了 5 116.72 km^2 和 513.83 km^2,主要是人类活动影响较大的土地利用类型。说明了随着农业技术条件的提高,耕地的高度扩展,草地、林地的退化和水域面积的减少,建筑用地的扩张主要靠占用耕地。部分未利用地也被开垦为耕地,促使部分地区生态环境有所改善。

(2) 近 57 a 玛纳斯河流域建筑用地、耕地的单一土地利用动态度最大,年变化率达到 12.37% 和 6.01%。1958—1976 年的区域综合土地利用动态度比 2006—2015 年大 8.75%。表明该研究时段内土地利用变化的速度快,各种经济社会活动对土地的需求提高,人为有意识的扩大土地利用类型的规模。

(3) 玛纳斯河流域景观格局也产生了巨大变化,揭示了研究区的土地景观破碎化的状况。表现为 1958—2015 年耕地、草地和未利用地的斑块数增加最多,分别增加了 84.97×10^4 个、65.36×10^4 个和 26.83×10^4 个;而平均斑块面积(MPS)却在不断减小,分别减少了 1.83 km^2、26.11 km^2 和 20.26 km^2,其中耕地和草地破碎化增加。景观形状指数(LSI)呈增加的趋势,表明景观形状趋于复杂。此外,人类对土地利用改变的程度不断提高,而大量开垦耕地和草地导致沙漠化的扩展及局部区域景观的破碎化提升,同样证实了人类活动对景观格局的强烈干扰。

参考文献(References):

〔1〕 杨丽娜,牛叔文,马利邦,等. 敦煌市土地利用/覆盖变化特征及成因分析〔J〕. 生态学杂志,2010,29(4):766-775.〔Yang Lina,Niu Shuwen,Ma Libang,et al. Characteristics and causes of land use/cover change in Dunhuang City〔J〕. Journal of Ecology,2010,29(4):766-775.〕

〔2〕 张建,陈凤,濮励杰,等. 近 20 年苏锡常地区土地利用格局变化及其驱动因素分析〔J〕. 资源科学,2007,29(4):61-68.〔Zhang Jian,Chen Feng,Pu Lijie,et al. Analysis of land use pattern change and its driving factors in Suzhou,Wuxi and Changzhou areas in recent 20 years〔J〕. Resources Science,2007,29(4):61-68.〕

〔3〕 唐小英,唐湘玲. 近 30 年对干旱区内陆河流域土地利用/土地覆被转换的监测——以新疆玛纳斯河流域为例〔J〕. 湖北农业科学,2016,55(21):5 500-5 506.〔Tang Xiaoying,Tang Xiangling. Monitoring of land use/land cover conversion in the inland river basin in the arid area in recent 30 years:A case study of the Manas River Basin in Xinjiang〔J〕. Hubei Agricultural Sciences,2016,55(21):5 500-5 506.〕

〔4〕 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局〔J〕. 地理学报,2014,69(1):3-14.〔Liu Jiyuan,Kuang Wenhui,Zhang Zengxiang,et al. Basic characteristics and spatial pattern of land use change in China since the late 1980s〔J〕. Journal of Geographical Sciences,2014,69(1):3-14.〕

〔5〕 Deng J S,Wang K,Yang H,et al. Spatio- temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization〔J〕. Landscape and Urban Planning,2009,92(3

-4):187-198.
〔6〕 韩会然,杨成凤,宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制〔J〕. 经济地理,2015,35(5):148-154,19.〔Han Huiran, Yang Chengfeng, Song Jinping. Characteristics and driving mechanism of land use change in Beijing〔J〕. Economic Geography, 2015,35(5):148-154,19.〕
〔7〕 刘金巍,靳甜甜,刘国华,等. 新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素〔J〕. 生态学报,2014,34(12):3 211-3 223.〔Liu Jinwei, Jin Tiantian, Liu Guohua, et al. Land use/cover change and its influencing factors in the Manas River Basin of Xinjiang from 2000 to 2010〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2014,34(12):3 211-3 223.〕
〔8〕 Zorrilla-Miras P, Palomo I, Gomez-Baggethun E, et al. Effects of land- use change on wetland ecosystem services: A case study in the Donana marshes (SW Spain)〔J〕. Landscape and Urban Planning,2014,122:160-174.
〔9〕 郭旭东,陈利顶,傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响〔J〕. 环境科学进展,1999,7(6):66-75.〔Guo Xudong, Chen Liding, Fu Bojie. Effects of land use/land cover change on regional ecological environment〔J〕. Advances in Environmental Science,1999,7(6):66-75.〕
〔10〕 Schaldach R, Alcamo J, Koch J, et al. An integrated approach to modelling land-use change on continental and global scales〔J〕. Environmental Modelling & Software,2011,26(8):1 041-1 051.
〔11〕 杨俊,解鹏,席建超,等. 基于元胞自动机模型的土地利用变化模拟——以大连经济技术开发区为例〔J〕. 地理学报,2015,70(3):461-475.〔Yang Jun, Xie Peng, Xi Jianchao, et al. Simulation of land use change based on cellular automata model: Taking Dalian Economic and Technological Development Zone as an example〔J〕. Acta Geographica Sinica,2015,70(3):461-475.〕
〔12〕 Zhang Qingqing. Spatial analysis of land use and land cover changes in recent 30 years in Manas River Basin〔C〕//Intelligent Information Technology Application Association. Prcoeedings of the 2011 International Conference of Environmental Science and Engineering(ICESE 2011 Part). Intelligent Information Technology Application Association,2011:11.
〔13〕 李义玲,乔木,杨小林,等. 干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析——以玛纳斯河流域为例〔J〕. 干旱区地理,2008,31(1):75-81.〔Li Yiling, Qiao Mu, Yang Xiaolin, et al. Analysis of fractal characteristics of land use/land cover change in typical watersheds in arid areas in recent 30 years: A case study of Manas River Basin〔J〕. Arid Land Geography, 2008,31(1):75-81.〕
〔14〕 凌红波,徐海量,樊自立,等. 玛纳斯河流域绿洲土地利用可持续性评价〔J〕. 中国沙漠,2012,32(3):872-877.〔Ling Hongbo, Xu Hailiang, Fan Zili, et al. Evaluation of land use sustainability in the Manas River Basin〔J〕. Journal of Desert Research,2012, 32(3):872-877.〕
〔15〕 梁二敏,张军民. 新疆玛纳斯河流域景观格局变化的生态安全分析〔J〕. 水土保持研究,2016,23(3):170-175.〔Liang Ermin, Zhang Junmin. Analysis of ecological security of landscape pattern changes in Manas River Basin of Xinjiang〔J〕. Research of Soil and Water Conservation,2016,23(3):170-175.〕
〔16〕 吴莉,侯西勇,徐新良,等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化〔J〕. 农业工程学报,2013,29(5):207-216.〔Wu Li, Hou Xiyong, Xu Xinliang, et al. Land use and landscape pattern change in coastal areas of Shandong Province〔J〕. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(5): 207-216.〕
〔17〕 梁二敏,张军民,杨卫红. 新疆玛纳斯河流域绿洲景观生态脆弱性时空分异〔J〕. 干旱区研究,2017,34(4):950-957.〔Liang Ermin, Zhang Junmin, Yang Weihong. Spatiotemporal differentiation of ecological vulnerability of oasis landscape in Manas River Basin, Xinjiang〔J〕. Arid Zone Research, 2017, 34(4): 950-957.〕
〔18〕 贡璐,王宏卫,鲍平勇,等. 塔里木河上游典型绿洲景观变化及其生态效应分析〔J〕. 中国沙漠,2006,26(3):421-425.〔Gong Wei, Wang Hongwei, Bao Pingyong, et al. Analysis of the typical oasis landscape change and its ecological effects in the upper reaches of the Tarim River〔J〕. Journal of Desert Research,2006,26(3):421-425.〕
〔19〕 李菊荣,王延华,唐湘玲,等. 新疆玛纳斯河流域土地利用变化特征及影响因素研究〔J〕. 土壤通报,2018,49(1):61-68.〔Li Jurong, Wang Yanhua, Tang Xiangling, et al. Study on land use change characteristics and influencing factors in Manas River Basin of Xinjiang〔J〕. Chinese Journal of Soil Science,2018,49(1):61-68.〕
〔20〕 柳梅英,包安明,陈曦,等. 近 30 年玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对植被碳储量的影响〔J〕. 自然资源学报,2010,25(6):926-938.〔Liu Meiying, Bao Anming, Chen Xi, et al. Effects of land use/cover change on vegetation carbon storage in the Manas River Basin in recent 30 years〔J〕. Journal of Natural Resources, 2010,25(6):926-938.〕
〔21〕 李义玲,乔木,杨小林,等. 干旱区典型流域近 30 a 土地利用/覆被变化和景观破碎化分析——以玛纳斯河流域为例〔J〕. 中国沙漠,2008,28(6):1 050-1 051.〔Li Yiling, Qiao Mu, Yang Xiaolin, et al. Analysis of land use/cover change and landscape fragmentation in typical watersheds of arid areas in recent 30 years: A case study of Manas River Basin〔J〕. Journal of Desert Research,2008,28(6):1 050-1 051.〕
〔22〕 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究〔M〕. 北京: 中国科学技术出版社,1996.〔Liu Jiyuan. Macroscopic Survey and Dynamic Research on China's Resource and Environment Remote Sensing〔M〕. Beijing: China Science and Technology Press, 1996.〕
〔23〕 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程〔J〕. 地理学报,2003,58(1):63-72.〔Luo Geping, Zhou Chenghu, Chen Xi. The process of land use and cover change in Oasis in arid areas〔J〕. Acta Geographica Sinica,2003,58(1):63-72.〕
〔24〕 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨〔J〕. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.〔Wang Xiulan, Bao Yuhai. Discussion on research methods of land use dynamic change〔J〕. Progress

in Geography,1999,18(1):81 -87.]

〔25〕 彭建,王仰麟,张源,等. 土地利用分类对景观格局指数的影响〔J〕. 地理学报,2006,61(2):157 -168.〔Peng Jian,Wang Yanglin,Zhang Yuan,et al. Effects of land use classification on landscape pattern index〔J〕. Acta Geographica Sinica,2006,61(2):157 -168.〕

〔26〕 吕世海,刘立成,高吉喜. 呼伦贝尔森林 - 草原交错区景观格局动态分析及预测〔J〕. 环境科学研究,2008,21(4):63 -68.〔Lü Shihai,Liu Licheng,Gao Jixi. Analysis and prediction of landscape pattern dynamics in Hulunbeier forest-grassland interlaced area〔J〕. Research of Environmental Sciences,2008,21(4):63 -68.〕

〔27〕 王丽婧,席春燕,付青,等. 基于景观格局的三峡库区生态脆弱性评价〔J〕. 环境科学研究,2010,23(10):1 268 -1 273.〔Wang Lijing,Xi Chunyan,Fu Qing,et al. Evaluation of ecological vulnerability in the Three Gorges Reservoir area based on landscape pattern〔J〕. Research of Environmental Sciences,2010,23(10):1 268 -1 273.〕

〔28〕 李明阳. 浙江临安森林景观格局变化的研究〔J〕. 南京林业大学学报,1999,23(3):71 -74.〔Li Mingyang. Study on the change of forest landscape pattern in Lin'an of Zhejiang Province〔J〕. Journal of Nanjing Forestry University,1999,23(3):71 -74.〕

〔29〕 凌红波,徐海量,乔木,等. 基于 AHP 和模糊综合评判的玛纳斯河流域水资源安全评价〔J〕. 中国沙漠,2010,30(4):989 -994.〔Ling Hongbo,Xu Hailiang,Qiao Mu,et al. Water resources security assessment of Manas River Basin based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation〔J〕. Journal of Desert Research,2010,30(4):989 -994.〕

〔30〕 贺可,吴世新,周宏飞,等. 玛纳斯河流域两种典型土地利用变化分析〔J〕. 干旱区研究,2018,35(4):954 -962.〔He Ke,Wu Shixin,Zhou Hongfei,et al. Analysis of two typical land use changes in the Manas River Basin〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(4):954 -962.〕

Land Use/Cover Change in the Manas River Basin in Recent 57 Years

Ayinu Tuxun[1], ZHANG Qing-qing[1], XU Hai-liang[2], ZHAO Xin-feng[2], ZHANG Peng[2]

(1. *College of Prataculture and Environmental Sciences*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830054, *Xinjiang*, *China*;
2. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography*, *Chinese Cademy of Sciences*, *Urumqi* 830011, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: In this paper, the land use/cover change in the Manas River Basin in recent 57 years was studied by using the extract vectorized data based on the aerial images in 1958 and the interpretation data of remote sensing images in 1976, 1987, 1998, 2006 and 2015. The results showed that: ① The land use/cover change in the Manas River Basin was general from 1958 to 2015, the areas of cultivated land, unused land and construction land were enlarged by 5 116.72 km^2, 1 543.32 km^2 and 513.83 km^2, and the proportions of their total areas were increased by 15.27%, 4.6% and 1.53%, respectively; while the proportions of grasslands, woodlands and waters were decreased by 13.5%, 5.3% and 2.55% respectively; ② According to the analyzed results of dynamic land use change, the change of construction land in the Manas River Basin in recent 57 years was the most significant with an annual change rate of 12.37%, and it was followed by the change of cultivated land with an annual change rate of 6.01%; in addition, the annual change rates of unused land, woodlands, grasslands and waters were 0.21%, -0.99%, -0.54% and -1.39% respectively; ③ The land use change resulted in the change of the landscape pattern and towards a fragmental structure in the watershed. From 1958 to 2015, the numbers of patches of cultivated land, grasslands and unused land were increased most significantly, they were increased by 8.50×10^5, 6.54×10^5 and 2.68×10^5 respectively; on the contrary, the average areas were reduced by 1.83 km^2, 26.11 km^2 and 20.26 km^2 respectively, thus the fragmentation of cultivated land and grasslands occurred. Therefore, the analysis of land use/cover change in the Manas River Basin is of great significance for revealing the internal mechanism of land use change, promoting the rational development of land and water resources in the basin, and maintaining the regional ecological security.

Key words: land use/cover change; dynamic change; patch types; landscape fragmentation; Manas River Basin